

ODREĐIVANJE NEKIH PARAMETARA KVALITETA TOPOLOVOG LJUŠTENOG FURNIRA I NJIHOVA VARIJABILNOST*

Vladislav Zdravković

UDK 630*832
Originalan naučni rad

Izvod: U radu su tretirani parametri kvaliteta topolovog ljuštenog furnira (*Populus robusta*). Oljušteno je 15 trupčica dužine 1,35 m iz 5 stabala pri različitim podešavanjima ljuštilice prema nepotpunom eksperimentalnom planu 33 u furnir debljine 3,5 mm. Prosečna standardna devijacija debljine furnira za ceo eksperiment bila je 0,092 mm sa prosečnim koeficijentom varijacije 2,746%. Prosečna hrapavost pritisnute strane furnira R_{max} bila je 114,755 μm sa prosečnim koeficijentom varijacije od 27,595%. Prosečna relativna dubina pukotina sa otpuštene strane furnira bila je 61,859% sa koeficijentom varijacije za ceo eksperiment od 13,879%. Ovakvo određeni pokazatelji varijabilnosti mogu se koristiti u planiranju daljih eksperimenata.

Ključne reči: topolov ljušteni furnir, parametri kvaliteta furnira, upravljanje kvalitetom furnira.

ESTIMATING OF SOME POPLAR PEELED VENEER QUALITY PARAMETERS AND THEIR VARIABILITY

Abstract: In this paper the Poplar (*Populus robusta*) peeled veneer quality parameters has been treated. The 15 small logs each 1.35m long, from 5 bolts has been peeled with different lathe adjustments, according to incomplete 33 experimental design, into 3.5mm thick veneer. Average veneer thickness deviation of 0.092 mm has been estimated with coefficient of variation of 2.746% for the whole experiment. Average roughness of veneer face of $R_{max} = 114,755 \mu m$ has been estimated with coefficient of variation of 27.595%. Average relative veneer checks depth of 61.859% has been estimated with coefficient of variation of 13.879%. Such estimated variability of veneer quality indicators could be helpful in creating further experimental designs.

Key words: Poplar peeled veneer, veneer quality indicators, veneer quality management.

1. UVOD

Kvalitet furnira je merilo njegove upotrebljivosti, on se značajno odražava na sledeće faze obrade i može umanjiti krajnji rezultat. Neke od tih faza su sušenje, spajanje, lepljenje i brušenje. Kvalitet furnira nije jednoznačna kategorija i može se podeliti na dva načina: na komercijalni i na tehnički kvalitet.

Komercijalni kvalitet određen je faktorima samog ulaznog materijala koji određuju primenu furnira, kao što su čvornatost, diskoloracija ili tekstura drveta. Na komercijalni kvalitet ne možemo da utičemo ali možemo da utičemo na iskorišćenje, na primer pravilnim centriranjem trupaca dobija se značajno veća količina punih formata.

Tehnički kvalitet furnira je termin koji opisuje uticaj procesa ljuštenja na fizička svojstva dobijenog furnira. On je strogo definisana kategorija, i zavisi od varijacije debljine furnira, hrapavosti furnira, veličine pukotina i zatezne čvrstoće furnira. Svi ovi parametri kvaliteta furnira moraju da budu u odgovarajućim granicama. Nepovoljna okolnost sa tehnološkog aspekta je to što se sa promenom parametara ljuštenja (na primer sa promenom stepena pritiska pritisne grede), ovi parametri kvaliteta menjaju u različitim iznosima, ili čak jedni rastu a drugi opadaju, pa je upravljanje kvalitetom problem optimizacije.

Bilo koji metod optimizacije podešavanja ljuštilice da se primeni, potrebno je poznavati kako meriti

parametre kvaliteta furnira, koji je optimalan broj merenja za svaki od parametara i kakva je varijabilnost tih parametara.

2. PREDMET I CILJ RADA

Predmet istraživanja u ovome radu je određivanje tehničkog kvaliteta furnira preko parametara kvaliteta: varijacije debljine furnira, hrapavost pritisnute strane furnira i relativne dubina pukotina.

Dr Vladislav Zdravković, vanredni profesor, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.

*Rad je finansiran sredstvima projekta MNT RS br. 361005.

Osnovni cilj u ovom istraživanju je alokacija atributa procesa ljuštenja furnira, prikaz izbora metoda merenja parametara kvaliteta ljuštenog furnira: varijacije debljine furnira, hrapavosti pritisnute strane furnira i relativne dubine pukotina sa otpuštene strane furnira i analiza njihove varijabilnosti.

3. METOD RADA

Proces ljuštenja furnira predstavlja u osnovi veoma složen dinamički sistem, gde se ne mogu na jednoznačan način povezati uzroci i posledice, jer sva stanja dinamičkog sistema nisu potpuno jednako verovatna. U takvom sistemu postoje ulazni parametri, atributi procesa i izlazi (tabela 1).

Parametri pod kontrolom osciluju oko vrednosti na koje su podešeni a parametri van kontrole javljaju se po potpuno slučajnom zakonu. Cilj nam je da sve parametre kvaliteta furnira na izlazu iz procesa držimo pod kontrolom, u željenim granicama.

U ovom delu eksperimenta 15 trupčića dužine 1,35 m (iz pet stabala) prerađeno je u furnir debljine 3,5 mm, prema nepotpunom eksperimentalnom planu 33. Faktori su menjani na sledećim nivoima:

- stepen pritiska pritisne grede (X_1) – 5–10–15%,

- vertikalno rastojanje (X_2) – 0,5–0,7–0,9 mm,
- zadnji ugao noža (X_3) – 0,5–1,0–1,5°.

Stepen pritiska pritisne grede i zadnji ugao noža kontrolisan je pomoću računara na mašini, a vertikalno rastojanje pomoću kalibrisanih listića. Svi parametri kontrolisani su i ručno. Brzina rezanja držana je konstantnom na 115 m/min, automatski pomoću tiristorskog uređaja pod kontrolom računara.

Furnir je posle ljuštenja imao srednju vlažnost od preko 50%. Furnir je sušen u četvoroetažnoj sušari sa valjcima tipa *Thermojet*, efektivne dužine 13m, sa dve temperature zone, $t_1 = 140^\circ\text{C}$ i $t_2 = 165^\circ\text{C}$. Vreme prolaza, za furnir debljine 3,5 mm je bilo $z = 20$ min.

Posebno je bilo važno da se uticaj prečnika na rezultate svede na najmanju moguću meru. To je naročito važno kod topolove sirovine, kod koje je jako izražena razlika u širini prstenova prirasta (zbog plantažnog uzgoja i velikog prirasta), tako da je programom predviđeno da se svi uzorci uzimaju iz dijapazona spoljnog prečnika od 32 cm do 27 cm (maksimalno do 25 cm).

Svi trupčići šifrirani su tako da se tačno zna njihov položaj u trupcu. Na ovaj način može se analizirati i uticaj položaja trupčića, ili se

eventualno mogu objasniti moguća rasipanja rezultata.

Eksperiment je obavljen na liniji za ljuštenje sa digitalnim skeniranjem površine furnirskog platna, rotirajućim automatskim makazama *DUAL-CLIPPER*, automatskim vakuum sortiračem, a sve je pod kontrolom mikroprocesora. Na taj način moguće je pouzdano automatski pratiti položaj svakog uzorka furnira u furnirskom platnu.

Uzorak od prvih 12 listova furnira dužine 1,35 m za svaki od 15 trupčića odvajanje na poseban automatski podizni sto, a kodiranje uzoraka je obavljeno prema $N_{i,j,k}$, gde je:

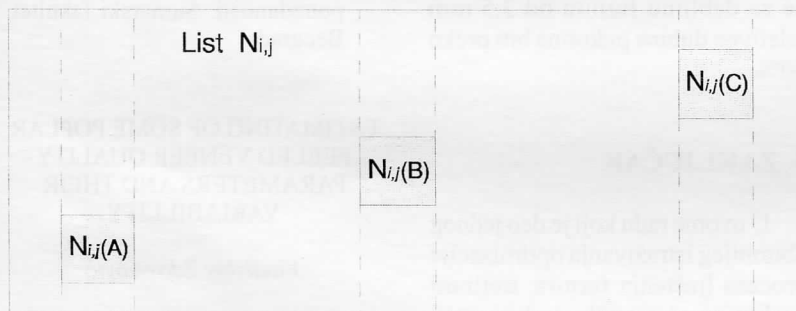
- i – broj trupca (stabla),
- j – broj trupčića za ljuštenje,
- k – broj furnirskog lista (tekući položaj u trupčiću).

Varijacija debljine furnira izvršena je po proverenom metodu u našim ranijim istraživanjima (Zdravković, 1991, 1992, 1994). Na svakom listu dimenzija 1,4×0,5m izvršeno je po šest merenja (tri duž jedne strane lista i tri duž druge). Merenja su izvršena pomoću mikrometra sa ravnim stopama prečnika 8 mm, tačnosti 0,01 mm. Izvršeno je 1007 merenja debljine za ceo eksperiment, i to uglavnom 70 merenja po jednom trupčiću (u nekim slučajevima neki listovi su morali da budu isključeni iz merenja zbog anatomskih grešaka).

Tabela 1. *Klasifikacija ulaza, atributa procesa i izlaza pri ljuštenju furnira*
Table 1. *Classification of inputs, process attributes and outputs in veneer peeling process*

ULAZNE VARIJABLE (karakteristike trupca)	ATRIBUTI PROCESA (podešavanje ljuštilice)	IZLAZ IZ PROCESA (kvalitet furnira)
<i>Parametri pod kontrolom</i> -vrsta drveta -vlažnost -temperatura -dužina trupčića -prečnik trupčića -centriranje trupčića	<i>Podesivi parametri</i> -zadnji ugao noža -profil noža -stepen pritiska -horizontalno i vertikalno rastojanje -tip i profil pritisne grede -brzina ljuštenja	-varijacija debljine -hrapavost furnira -relativna dubina pukotina -frekvencija pukotina -valovitost furnira -tekstura
<i>Parametri van kontrole</i> -orijentacija vlaknaca -greške građe, čvorovi, raslojavanje, pukotine -trulež -prstenovi prirasta -reakciono drvo	<i>Nepodesivi parametri</i> -deformacije noža -deformacije pritisne grede -vibracije	

Prema planu i programu istraživanja predviđena su merenja hrapavosti površine pritisnute strane furnira. Merenje je obavljeno metodom sekcionisanja senke, pomoću mikroskopa po Buglaju, prema kriterijumu R_{max} . Preliminarna istraživanja izvršena su na tri lista furnira sa 27 merenja po jednom listu u prvoj grupi i sa 9 merenja po listu u drugoj. Proračunata F vrednost je 1,324, dok je tablična vrednost 2,25. Znači da ne postoji signifikantna razlika između ta dva skupa podataka, tako da smo se opredelili da na svakom listu izvršimo tri grupe od po tri merenja – ukupno devet. Uzorci za merenje hrapavosti uzeti su iz svakog lista furnira po sledećoj šemi:



Slika 1. Plan uzimanja uzoraka za merenje hrapavosti furnira
Figure 1. Sampling plan for measuring of veneer roughness

Planom i programom istraživanja predviđeno je merenje relativne dubine pukotina sa otpuštene strane furnira. Relativna dubina pukotina predstavlja odnos dužine pukotine u smeru debljine furnira u odnosu na debljinu furnira. Iz svakog uzorka furnira 10×10 cm iz sredine je isečen komad širine 2 cm.

Pošto je poznat problem merenja pukotina kod mekih lišćara kao što je topola, ustanovili smo da je izuzetno naporno, gotovo nemoguće, meriti pukotine direktno putem stereo mikroskopa, što je uobičajen metod u dosadašnjim istraživanjima (uglavnom za četinare, gde su pukotine vidljivije).

Zbog toga smo odlučili da uzorak fotografiramo pomoću opreme za mikrofotografiju. Šest komada koji pripadaju jednom listu – formatu furnira $1,35 \times 1,00$ m zalepljeno

je neoprenskim lepkom, uzorak je obrušen i premazan rastvorom safranina u alkoholu (radi pojačanja kontrasta). Izabrana je referentna dužina od jednog inča (2,54 cm), jer ona daje dovoljan broj pukotina i omogućava direktno poređenje sa radovima drugih autora. Popreko na uzorak zalepljena je milimetarska hartija sa šifrom uzorka (C), tako da se tačno zna koji je položaj svaki uzorak imao u trupčiću. Pored toga, milimetraska hartija omogućava tačnu kontrolu povećanja i deformacija koje može da unese objektiv fotoaparata (slika 2).

Uzorak osvetljen kosim svetlom snimljen je na panhromatski film kroz zeleni filter i napravljene su fotografije na kojima je uzorak povećan do željenog iznosa. Tako

dubine pukotina primenjen u našim ranijim istraživanjima (Zdravković, 1999).

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

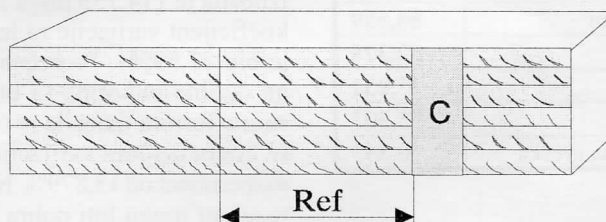
Posle kondicioniranja od najmanje 5 nedelja u sobnim uslovima srednja vlažnost listova furnira bila je $v_a = 9,16\%$; standardna devijacija $S_{va} = 2,35\%$; min = 5,1%; max = 13,6%. Najveća količina furnira bila je u opsegu važnosti od 8% do 12%, kako je programom i predviđeno.

U svakoj od tabela 2, 3 i 4 prikazano je po jedanaest različitih statističkih pokazatelja za parametre kvaliteta furnira, od kojih zbog njihove važnosti i ograničenosti prostora, komentarišemo samo neke.

Rezultati merenja varijacije debljine furnira prikazani su u tabeli 2. Izvršeno je prosečno 67 merenja debljine furnira po jednom trupčiću (najčešće 70 merenja). Srednja vrednost debljine suvog furnira iznosila je 3,354 mm (minimalna 3,24 mm, a maksimalna 3,40 mm). Srednja standardna devijacija debljine furnira bila je 0,092 mm (minimalna 0,064 mm, a maksimalna 0,122 m). Određen je prosečan koeficijent varijacije za devijaciju debljine ljuštenog furnira, od 2,746%.

Rezultati merenja hrapavosti pritisnute strane furnira preko kriterijuma R_{max} prikazani su u tabeli 3.

Ukupno je za ceo eksperiment uzeto 540 uzoraka, sa oko 1.500 merenja. Najčešće je izvršeno po 108 merenja hrapavosti za jedan trupčić, ali neki uzorci su isključeni iz merenja zbog čvorova.



Slika 2. Pripremljen uzorak za merenje dubine pukotina
Figure 2. Sample prepared for measuring of lath check depth

Tabela 2. *Varijacija debljine furnira*
Table 2. *Veneer thickness variation*

STATISTIKA (varijacija debljine)	PROSEK (mm)
Broj merenja	67
Aritmetička sredina	3,354
Standard. devijacija	0,092
Varijansa	0,009
Koef. varijacije	2,746
Minimum	3,153
Maksimum	3,545
Mediana	3,351
Moda	3,351
Opseg	0,392
Standardna greška	1,121

Tabela 3. *Hrapavost pritisnute strane furnira*

Table 3. *Face veneer roughness*

STATISTIKA (hrapavost furnira)	PROSEK (μm)
Broj merenja	100
Aritmetička sredina	114,755
Standard. devijacija	31,797
Varijansa	1041
Koeficijent varijacije	27,595
Minimum	48,119
Maksimum	221,373
Mediana	111,191
Moda	112,437
Opseg	173,253
Standardna greška	3,223

Tabela 4. *Relativna dubina pukotina*
Table 4. *Relative checks depth*

STATISTIKA	PROSEK (%)
Broj merenja	294
Aritmetička sredina	61,859
Standard. devijacija	8,968
Varijansa	85,821
Koef. varijacije	13,879
Minimum	31,252
Maksimum	84,559
Mediana	62,378
Moda	32,951
Opseg	53,307
Standardna greška	0,553

Srednja vrednost hrapavosti R_{max} iznosila je 114,755 μm (minimum 96,39 μm , a maksimum

142,75 μm), što znači da je furnir bio prilično gladak, najviše zahvaljujući duplo oštrenoj pritisnoj gređi. Određen je prosečan koeficijent varijacije za hrapavost ljuštenog furnira, mereno preko kriterijuma R_{max} od 27,595%.

Rezultati merenja relativne dubine pukotina furnira prikazani su u tabeli 4. Izvršeno je prosečno 294 merenja relativne dubine pukotina za svaki od trupčića, ukupno 4.416 merenja za ceo eksperiment. Prosečna vrednost relativne dubine pukotina iznosila je 61,859% (minimum 51,337%, a maksimum 66,856%). Određen je prosečan koeficijent varijacije za relativnu dubinu pukotina od 13,879%. Potvrđeno je očekivanje na osnovu ranijih istraživanja, da će za debljinu furnira od 3,5 mm relativna dubina pukotina biti preko 50%.

5. ZAKLJUČAK

U ovome radu koji je deo jednog obimnijeg istraživanja optimizacije procesa ljuštenja furnira, tretirani su brojni statistički pokazatelji o varijabilnosti debljine furnira, hrapavosti pritisnute strane furnira i relativnoj dubini pukotina sa otpuštene strane furnira. Primenjen je jedinstven metod merenja relativne dubine pukotina sa uvećanih fotografija. Dobijeni su dragoceni podaci o osnovnim parametrima kvaliteta ljuštenog furnira. Ljušten je topolov furnir debljine 3,5 mm. Srednja standardna devijacija debljine furnira je 0,092 mm sa prosečnim koeficijentom varijacije za ceo eksperiment od 2,746%. Prosečna vrednost hrapavosti R_{max} iznosila je 114,755 μm a prosečan koeficijent varijacije za hrapavost je bio 27,595%. Prosečna relativna dubina pukotina sa otpuštene strane furnira iznosila je 61,859% sa koeficijentom varijacije za ceo eksperiment od 13,879%. Navedeni rezultati mogu biti dobra polazna osnova za planiranje budućih eksperimenata iz oblasti upravljanja kvalitetom ljuštenog furnira.

LITERATURA

- Collins, E. H. (1960): Lathe-Check Formation in Douglas-Fir Veneer. FPJ 20 (3): 135-140.
- Wood Handbook (1974): Wood as an engineering material. USDA Agr. Handb. 72 rew.
- Zdravković, V. (1991): Uticaj oblika pritisne gređe na kvalitet bukovog ljuštenog furnira. Šumarski fakultet, Beograd.
- Zdravković, V. (1992): Advance Veneer Peeling Technics Improve Plywood Yield and Quality., IUFRO Div 5 Conference, Nancy, France.
- Zdravković, V. (1994): Double-Surfaced Nosebar Shape Improving Plywood Yield and Quality., Wood News, India.
- Zdravković, V. (1999): Model upravljanja kvalitetom ljuštenog furnira uz primenu elemenata teorije pouzdanosti. Šumarski fakultet, Beograd.

ESTIMATING OF SOME POPLAR PEELED VENEER QUALITY PARAMETERS AND THEIR VARIABILITY

Vladislav Zdravković

Summary

In this paper the Poplar (*Populus robusta*) peeled veneer quality parameters has been treated. The 15 small logs each 1.35 m long, from 5 bolts has been peeled with different lathe adjustments, according to incomplete 3^3 experimental design, into 3.5 mm thick veneer. Although the main goal in the experiment was to optimize lathe adjustment and predict veneer quality, in this paper focus was on the variability of veneer quality indicators. In the summary tables eleven statistical parameters per each run can be analyzed. Average veneer thickness deviation of 0.092 mm has been estimated with coefficient of variation of 2.746% for the whole experiment. Average roughness of veneer face of $R_{\text{max}}=114,755 \mu\text{m}$ has been estimated with coefficient of variation of 27.595%. Average relative veneer checks depth of 61.859% has been estimated with coefficient of variation of 13.879%. Such estimated variability of veneer quality indicators could be helpful in creating further experimental designs.